7. Zur

Messung der Reactionszeit

INAUGURAL-DISSERTATION

der medicinischen Facultät

der

KAISER-WILHELMS-UNIVERSITÄT STRASSBURG

Zur Erlangung der Doctorwürde

vorgelegt von

OTTO DUMREICHER

cand. med.

STRASSBURG

Elsässische Druckerei und Verlagsanstalt vorm. G. Fischbach.

1889

Gedruckt mit Genehmigung der medicinischen Facultät der Universität Strassburg.

Referent: **Prof. Dr. Goltz.**

Seinen lieben Eltern

in Dankbarkeit

gewidmet.

Einleitung.

Die nachfolgenden Untersuchungen, welche ich auf Veranlassung von Herrn Prof. Ewald unternommen habe, sind durch den Wunsch veranlasst worden, die Reactionsversuche mehr, als es bisher der Fall war, als allgemeine Untersuchungsmethode verwendbar zu machen. Hierbei war es vor allen Dingen notwendig, für den normalen Menschen constantere Reactionszeiten zu erhalten, als diejenigen sind, welche in den vielen Arbeiten über diesen Gegenstand veröffentlicht wurden. Selbstverständlich wird man nie zu einer absolut constanten Reactionszeit gelangen können. Aber man kann die Schwankungen wesentlich verringern und wie ich glaube, so klein machen, dass sich die Messung der Reactionszeit zum Erkennen auch kleiner Veränderungen im Organismus verwerten lässt.

Die Reactionszeiten sind ja schon vielfach von Psychologen, Physiologen, Pharmacologen und Klinikern als Untersuchungsmethode herangezogen worden, aber es waren damit immer besondere Schwierigkeiten verbunden. Es mussten grosse Serien von Versuchen angestellt werden, man musste die zu langen und zu kurzen Reactionen mehr oder weniger willkürlich fortstreichen und dann die Mittel aus den Versuchsreihen miteinander vergleichen. Je mehr die einzelnen Zahlen von diesem Mittel abwichen d. h. je inconstanter die einzelnen Reactions-

zeiten waren, desto unsicherer waren natürlich auch die Resultate. Nicht mit Unrecht hat man sie daher häufig mit Misstrauen betrachtet.

So kam es mir also allein darauf an, durch eine verbesserte Versuchsanordnung die Reactionszeit für den normalen Menschen so constant als möglich zu machen und ich wählte alle bei der Messung der Reactionszeit in Betracht kommenden Methoden in Rücksicht hierauf aus. Ich habe z. B. nur tactile Reize und unter diesen nur die elektrischen verwandt, weil sie die einzigen sind, die sich in gut abstufbarer und in stets ganz gleicher Stärke applicieren lassen. Der acustische Reiz hat ja eine viel kürzere Reactionszeit zur Folge, aber auf diese geringere Dauer derselben kam es uns eben gar nicht an. Die Constanz der Reactionszeiten ist hingegen beim acustischen Reiz bedeutend geringer als bei dem elektrisch tactilen. Aehnlich liegen die Verhältnisse in Betreff der optischen Reize.

Wir haben deshalb ausschliesslich elektrisch tactile Reize angewandt und haben daher auch nur diese in dem historischen Ueberblick näher berücksichtigt. Derselbe Gesichtspunkt, der bei der Wahl des Reizes den Ausschlag gab, galt auch für die übrigen Versuchsanordnungen und es ist das Resultat der vorliegenden Arbeit nicht in der geringen Dauer der Reactionszeit, als vielmehr in der Constanz der gefundenen Zeiten zu suchen. Durch diese grössere Constanz, dürfte, wie wir glauben, die Verwendung der Reactionszeit als Untersuchungsmethode wesentlich erleichtert werden.

Historischer Ueberblick.

Es ist bekannt, dass die Astronomen die persönliche Gleichung entdeckt haben, dass ferner ein Astronom, nicht ein Physiologe, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den menschlichen Nerven zuerst bestimmt hat. Die Physiologen verdanken also der Astronomie die Erschliessung dieses Gebietes ihrer Wissenschaft.

F. W. Bessel kam infolge der Entlassung des Dr. Kinnebrook durch Maskelyne[1]) zu der Ueberzeugung, dass verschiedene Beobachter den Durchgang desselben Sternes durch den Meridian gar nicht gleichzeitig beobachten könnten[2]), und bestimmte zu-

---

[1] Zeitschrift für Astronomie und verwandte Wissenschaften, herausgegeben von B. v. Lindenau und J. G. F. Bohnenberger. Zweiter Band 1816.

Beiträge zur Geschichte der Greenwicher Sternwarte und derer in Grossbrittanien überhaupt.

Bei der Besprechung der Gehülfen Maskelynes findet sich p. 236 folgende Bemerkung:

„17. D. Kinnebrook 1793—96. Maskelynes trennte sich von diesem an sich geschickten Gehülfen, weil er die Gewohnheit bekam, alle Meridiandurchgänge 0,5—0,8 Sec. zu spät anzugeben.“

[2] Astronomische Beobachtungen an der Kgl. Universitätssternwarte zu Königsberg von F. W. Bessel. 8. Abtheilung 1822. p. II.—VIII.

Bessel bemerkt, dass ein auch in anthropologischer Hinsicht

erst die Zeitdifferenz zwischen den von ihm und seinen Collegen erhaltenen Resultaten. Diese Zeitdifferenz wurde als persönliche Gleichung bezeichnet.

Da die damals bei den Astronomen gebräuchliche Zeitbe-

---

interessanter, unwillkürlicher Unterschied zwischen zwei Beobachtern stattfinden müsse. Es könne kein Beobachter absolute Zeitmomente richtig angeben. „Wenn man annimmt, dass Eindrücke auf das Auge und das Ohr nicht in einem Momente miteinander verglichen werden können und dass zwei Beobachter zur Uebertragung des einen Eindrucks auf den andern verschiedene Zeiten gebrauchen, so entsteht ein Unterschied, ein noch grösserer aber, wenn der eine vom Sehen zum Hören, der andere vom Hören zum Sehen übergeht; dass verschiedene Beobachtungsarten diesen Unterschied ändern können, darf nicht befremden, wenn man als wahrscheinlich annimmt, dass ein Eindruck auf einen der beiden Sinne allein, entweder ganz oder nahe in demselben Momente empfunden wird, in welchem er stattfindet, und dass nur das Hinzukommen eines zweiten Eindruckes eine Störung hervorbringt, welche sich nach der Natur desselben ändert.

Ich habe versucht einige Thatsachen zu sammeln, welche vielleicht die Entdeckung der Ursache erleichtern könnten. Zuerst habe ich das stetige Fortschreiten des Sternes im Fernrohre mit dem plötzlichen Erscheinen oder Verschwinden eines Gegenstandes vertauscht. Da diese Unterschiede weit geringer sind, so folgt, dass der grössere Theil der letztern aus einer fehlerhaften Vergleichung der stetigen Bewegung des Sternes im Fernrohr mit den plötzlichen Secundenschlägen der Uhr hervorgeht.

Es wäre zu wünschen, dass man ein Mittel fände, über diese rätselhafte Erscheinung erschöpfende Untersuchungen anzustellen; allein ich halte dieses für fast unmöglich, indem die Operationen, von welchen der Unterschied herrührt, ohne unser Bewusstsein vor sich gehen.“

stimmung ein complicierter physiologischer Vorgang ist[1], so darf es nicht befremden, dass die Zeit zwischen der Application des Reizes und dem Eintritte desselben in das Gesichtsfeld des Bewusstseins von Bessel als verschwindend klein angenommen wurde. Die Differenz der verschiedenen Beobachtungen war nicht nur an und für sich sehr gross, sondern schwankte auch in erheblichen Grenzen, welche sich von Jahr zu Jahr bei den verschiedenen Beobachtungen änderten[2]. Ferner handelte es

---

[1] Der Durchtritt eines Himmelskörpers durch die einzelnen Fäden des Fernrohres wurde mit den Secundenschlägen eines Chronometers verglichen und die Zehntelsecunden abgeschätzt, um welche der betreffende Stern früher oder später als ein gewählter Secundenschlag jeden Faden passierte. Dieses ist die ältere, sogenannte Pointiermethode.

Im Gegensatz zu derselben empfahlen Arago und die Gebr. Bond die Signalisiermethode. Dieselbe besteht darin, dass man durch eine Bewegung mit der Hand ein Uhrwerk oder einen elektrischen Apparat den Augenblick markiren lässt, in welchem nach der Beobachtung des Astronomen ein bestimmter Himmelskörper entweder hinter einem andern, oder hinter einem Faden des Fernrohres verschwindet.

[2] Astronomische Beobachtungen auf der Kgl. Universitätssternwarte zu Königsberg. Sect. XX, p. 31. Es war die persönliche Differenz für Struve-Bessel:

Im Jahre	1814. VIII.	0,04 Sec.	(direct)
„ „	1821. I.	0,80 „	(indirect)
„ „	1823. V.	1,02 „	(indirect)
„ „	1834. V.	0,77 „	(direct)

Wie man sieht, hatte Bessel die Gabe, einen Durchgang ausserordentlich rasch zu beobachten, so dass ihm sogar der Vorwurf gemacht wurde, er irre sich bei dem Abzählen der Secundenschläge und seine Zeiten seien um eine Secunde zu früh angegeben.

sich, abgesehen von den langsam das Gesichtsfeld des Fernrohrs passierenden Sternen, auch um solche, welche plötzlich hinter einem andern Himmelskörper verschwanden. Dies war ein Grund mehr, die Erforschung des persönlichen Fehlers zu erschweren.

Nach Bessels Entdeckung begnügten sich die Astronomen nicht damit, bei jeder Arbeit die persönliche Differenz in Rechnung zu ziehen, sondern sie suchten vielmehr dieselbe vollständig zu entfernen. Indem man sich auf die Erklärung des Königsberger Gelehrten stützte, dass die Verschiedenheit der erhaltenen Resultate ihren Grund hauptsächlich in der fehlerhaften Vergleichung der stetigen Bewegung des Sternes mit den plötzlichen Secundenschlägen der Uhr habe, so suchte man nach einer Methode, durch die man aus der misslichen Lage befreit würde, seine Aufmerksamkeit zwischen Auge und Ohr zu teilen. Arago[1] schlug vor, anstatt die alte Methode zu be-

---

[1] Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. Tome XXXVI.

Séance de lundi 14 février 1853.

Note sur un moyen très simple de s'affranchir des erreurs personnelles dans les observations des passages des astres au méridien par Arago.

Arago hatte bemerkt, dass einer seiner Gehülfen, welcher bei der Beobachtung eines langsam durch das Fernrohr passierenden Sternes sehr zurückblieb, bei plötzlichen Erscheinungen und akustischen Reizen fast gleichzeitig mit den andern reagierte. Da Arago mit Bessels Ansichten über die persönliche Gleichung übereinstimmte, gab er dem betreffenden Gehülfen ein chronomètre à pointage. Dasselbe wurde so gehandhabt, dass der Beobachter bei einem festzustellenden Phänomen aufhörte, auf eine an demselben angebrachte Vorrichtung zu drücken. (Au moment où les étoiles arrivaient sous les fils, l'astronome lâchait lui-même la détente.) Bei dem Gebrauche dieses Chronometers

nutzen, solle man durch eine Bewegung mit der Hand einen Apparat den Augenblick markieren lassen, in welchem der beobachtete Stern hinter einem Faden des Fernrohrs verschwindet. Auch er scheint die Zeitdauer des hierbei in Betracht kommenden physiologischen Processes für verschwindend klein angenommen zu haben.

Freilich darf man nicht vergessen, dass es sich wesentlich um eine für die praktische Astronomie hinreichende Genauigkeit handelte und dass die persönliche Gleichung nur insofern das Interesse der damaligen Forscher in Anspruch nahm, als durch dieselbe die astronomischen Resultate beeinflusst wurden. Aus eben diesem Grunde sind unter einer grösseren Anzahl von Abhandlungen eigentlich nur zwei für die Physiologie von Wert, die Arbeit von Prazmowski [1] und diejenige von Hart-

---

stimmten die Beobachtungen des erwähnten Herren vollständig mit denen der andern überein. Arago glaubte deshalb den persönlichen Fehler nach menschlichem Ermessen ganz hinweg geräumt zu haben und beanspruchte von den Gebr. Bond, welche einen elektrischen Registrirapparat erfunden hatten (British Association), den Vorrang als Erfinder eines hierzu geeigneten Apparates. Er sagt wörtlich :

„Si je n'ai pas accompli le travail que Bessel qualifiait d'impossible, je suis arrivé, ce qui vaut mieux, astronomiquement parlant, à indiquer un moyen d'anéantir toute équation personnelle dans les passages au méridien et à débarrasser les observations d'erreurs ou du moins d'incertitudes très fâcheuses."

[1] Cosmos. Revue encyclopédique hebdomadaire des progrès des scienees et de leur applieation aux arts et à l'industrie. IV. p. 545.

Sur les erreurs personnelles qui affeetent les passages des astres u. s. w.

Die Zeit, welche zwischen der Applieation des Reizes und der Reaction des Beobachters verfliesst, erhält man bei dem

mann[1]. Jeder dieser Autoren construierte einen Apparat, um den absoluten Wert der physiologischen Zeit zu bestimmen und beide machten auf die verschiedenen Umstände aufmerksam, durch welche eine genaue Beobachtung der Himmelskörper beeinflusst wird. Die andern Gelehrten, welche sich in dieser Zeit mit der persönlichen Gleichung beschäftigt haben, wie Encke[2].

Apparat von Prazmowski durch den Abstand zweier Zeichen auf einem laufenden Papierstreifen, auf dem zugleich die Secunden aufgeschrieben werden. Falls man der Signalisier- die Pointiermethode vorzieht, erhält man das Resultat durch nachträgliche Vergleichung der abgeschätzten Zeit mit den aufgezeichneten Secunden.

[1] Archiv für Mathematik und Physik von J. A. Grunert. 1858.

Einige Beobachtungen und Bemerkungen über Personaldifferenz von Hartmann.

Der Apparat Hartmanns bestimmt genau den Zeitpunkt eines erfolgten Lichtreizes. Die Vergleichung desselben mit der geschätzten Zeit ergiebt die Grösse des absoluten persönlichen Fehlers. Hartmann betont namentlich den Einfluss, welchen die Uebung auf den persönlichen Fehler ausübt, ferner glaubt er, dass die elektrische Registriermethode weniger zweckmässig sei, da die Zeit, die zur Berührung des Tasters nöthig sei, auch in Betracht komme.

[2] Monatsberichte der Kgl. Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1857.

30. November. Sitzung der physikalisch-mathematischen Classe.

Encke las über die Längenbestimmung von Berlin und Königsberg mittels des Telegraphen.

Encke behauptet, dass Bessel bei seinen Beobachtungen einen Rechnungsfehler gemacht hätte, indem er z. B., wenn ein Ereigniss 0,7 Sec. nach der 14ten Secunde eingetreten wäre, 13,7 Sec. statt 14,7 Sec. notiert und sich somit um eine ganze

Faye[1] und Wolf[2], äussern über die Ursachen derselben nur Hypothesen. Ihr Bestreben geht dahin, die Frage in einer für die praktischen Astronomen möglichst vortheilhaften Weise zu lösen.

Die Geschichte der persönlichen Gleichung in dieser Periode

Secunde geirrt hätte. Ferner fand Encke, dass die Ermittelung sehr kleiner Zeiträume bei plötzlich verschwindenden Erscheinungen schwieriger sei, weil man einesteils in der Continuität der Beobachtung gestört werde und weil andrerseits hierbei das Ohr die nachfolgende Secunde teilen müsse, während diese Arbeit bei den gewöhnlichen Durchgängen von dem Auge verrichtet werde.

[1] Comptes rendus, etc. Tome LIX. 12. Sept. 1864.

Sur les erreurs d'origine physiologique par M. Faye.

Faye erklärt die Verschiedenheit der persönlichen Gleichung aus der Schwierigkeit Gehörtes und Gesehenes miteinander zu vergleichen. Er gebraucht von dem Gehirn das Bild eines inneren Auges, welches nur mit Mühe von einem Teil zum andern eilen kann, wenn die Eindrücke von verschiedenen Sinnen kommen, deren Nerven an verschiedenen Teilen des Gehirns endigen. Nach seiner Ansicht ist der persönliche Fehler durchaus nicht constant, sondern ändert sich mit den Umständen. Faye empfiehlt die Registriermethode.

[2] Dieselben. Tome LX.

19. Juni 1865.

Recherches sur l'équation personnelle dans les observations des passages, sa détermination absolue, ses lois et son origine. Note de M. C. Wolf, présentée par M. Le Verrier.

Wolf stimmt mit Encke darin überein, dass manche Astronomen die Secunde anders zählen, er glaubt indessen, dass der Beobachter den Schlag gar nicht hört, sondern einen geistigen an dessen Stelle setzt. (L'expérience m'a prouvé d'ailleurs que dans mon mode d'estime cette intervention des deux sens n'existe pas, et qu'un seul, la vue, est la cause de l'erreur.) Er liess die

ist besonders ausführlich von Radau[1], ferner auch von Peters[2] behandelt worden.

Im Gegensatz zu den oben erwähnten Gelehrten versuchte Hirsch den physiologischen Teil dieser Frage experimentell zu ergründen[3] und erwarb sich hierdurch das Verdienst die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den menschlichen Nerven

---

Secunde durch das Aufblitzen einer Geisler'schen Röhre markieren und hatte die selben Resultate, wie bei dem Gebrauche eines Chronometers. Nach seiner Ansicht müsste der persönliche Fehler gleich Null werden, wenn die Continuität der Bewegung des Sternes aufgehoben würde. Der persönliche Fehler wächst mit der Schnelligkeit, mit welcher sich der Stern fortbewegt. Zum Schluss bemerkt Wolf: „J'ai ainsi ramené l'erreur d'estime à une cause purement physiologique et montré qu'elle n'est fonction que de la sensibilité d'un seul organe. Il suit de là:

1) Que par sa nature cette erreur doit être et est en effet très constante.

2) (Empfehlung der Pointiermethode anstatt der nach seiner Ansicht längeren Registriermethode.)

3) Et l'emploi d'un appareil tel que celui que j'ai construit est très propre à remplir ce but, puisqu'il réduit la correction personnelle à sa partie physiologique en estimant les causes d'erreur variables qui n'ont d'autre origine qu'une paresse d'esprit."

[1] Repertorium für physikalische Technik für mathematische und astronomische Instrumentenkunde. Herausgegeben von Dr. Ph. Carl. München 1866.

Radau. Ueber die persönlichen Gleichungen bei Beobachtungen derselben Erscheinungen durch verschiedene Beobachter.

[2] Bestimmung des Längenunterschiedes zwischen Altona und Schwerin, ausgeführt durch galvanische Signale im Jahre 1858 von Peters. Altona 1861.

[3] Untersuchungen zur Naturlehre von Jac. Moleschott, X. Band. 1863.

Chronoscopische Versuche über die Geschwindigkeit der

zuerst bestimmt zu haben. Er stellte mit dem von Hipp erfundenen Chronoscope nicht nur Versuche über die physiologische Zeit bei optischen und akustischen Reizen an, sondern bestimmte auch dieselbe Zeit für elektrische Reize, welche an verschiedenen Stellen des Körpers appliciert wurden. Hirsch fand, dass die Zeiten umso länger wurden, je weiter die gereizte Stelle vom Gehirn entfernt war. Indem er nun aus der Differenz der gefundenen Zeiten und der Länge der betreffenden Nervenstrecken die absolute Fortpflanzungsgeschwindigkeit berechnete, gab er

---

verschiedenen Sinneseindrücke und der Nervenleitung. Von Dr. Adolph Hirsch.

In dieser Abhandlung veröffentlicht Hirsch einen von ihm in der Naturforschenden Gesellschft zu Neuenburg gehaltenen Vortrag, in welchem er vorschlägt die persönliche Gleichung „physiologische Zeit“ zu nennen. Mittelst des ihm von Hipp zur Verfügung gestellten Chronoscopes stellte er, abgesehen von Versuchen über Gesichtssinn und Gehörsinn, auch solche über den Gefühlssinn an, in dem er verschieden weit vom Gehirn entfernte Teile durch einen schwachen, wie einen Nadelstich empfundenen Inductionsstrom reizte. Hirsch applicierte bei sich selbst den Reiz an der linken Hand und reagierte mit der rechten durch Druck auf einen Telegraphentaster. Er erhielt 2 Serien von 41 resp. 42 Beobachtungen mit 0,1733 Sec. resp. 0,1911 Sec. physiologischer Zeit. Bei einem Gehülfen Dr. G. erhielt er folgende Resultate :

linke Hand	59 Versuche	0,1424	Secunden
linker Fuss	61 „	0,1697	„
Gesicht	57 „	0,1110	„

Aus dem Unterschied der Werte nach Reizung von Fuss, Gesicht und Hand berechnete Hirsch die Leitungsgeschwindigkeit in den menschlichen Nerven zu 34 m in der Secunde. Auch glaubte er, dass die physiologische Zeit um so mehr variiere, je weiter der gereizte Körperteil vom Gehirn entfernt sei.

die Anregung zu einer ganzen Reihe ähnlicher physiologischer Arbeiten.

Wenn auch die Astronomen schon die Hauptbedingungen festgestellt hatten, welche zu einer guten Beobachtung von Gesichtsreizen notwendig sind, wie Uebung und Fernbleiben aller störenden Einflüsse, so war es doch den Physiologen selbst vorbehalten, die näheren Umstände zu erforschen, unter welchen allein eine richtige Reaction auf einen gegebenen Reiz erfolgen kann. Namentlich die Bedeutung des Signals und der Zählmethode tritt schon bei den ersten Untersuchungen hervor, während die Zahl der Versuche in den einzelnen Serien, ferner die Art und Stärke des Reizes, wie die Methode den empfangenen Reiz zu markieren, erst allmählich die ihnen zukommende Beachtung fanden.

In den ersten Arbeiten auf diesem Gebiete suchte man eine grosse Anzahl von möglichst gleichmässigen Reactionen zu erhalten, um einen recht sichern Mittelwert aus denselben ziehen zu können. In dieser Richtung bewegen sich die Untersuchungen von Schelske[1], Kohlrausch[2]

---

[1] Archiv für Anatomie und Physiologie von Reichert und Du Bois-Reymond. 1864.

Neue Messungen der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes in den menschlichen Nerven. Von Dr. Rudolf Schelske.

Derselbe gebrauchte einen schon 1861 von Peters beschriebenen (cfr. Anm. 2 p. 14) und von Krille construierten Apparat. Der Beobachter wurde von einer zweiten Person durch das Wort „Schluss“ aufmerksam gemacht, dass der elektrische Reiz bald erfolgen würde. Sobald der B. den Reiz bemerkte, schloss er den Strom, indem er die Arme einer federnden Metallklammer zusammendrückte. Das Signal wurde alle Zwölftelminute gegeben, möglichst regelmässig, damit der Beobachter seine Aufmerksamkeit gehörig auf den Zeitpunkt des erwarteten Reizes concen-

trieren könne. In jeder Serie wurden 10—15 Versuche gemacht. Diejenigen Zahlen in einer Serie, welche sich bedeutend über die benachbarten erheben, wurden nach Rücksprache mit Helmholtz ausgelassen. S. reizte sowohl Fuss und Leiste, wie Rücken und Nacken und berechnete aus den erhaltenen Resultaten die Leitungsgeschwindigkeit zu 31,052 m.

Im Anfang der Arbeit wird ein sehr bemerkenswerter Vortrag von Helmholtz „Ueber die Methoden, kleinste Zeitteile zu messen und ihre Anwendung für physiologische Zwecke" wörtlich wiedergegeben.

[2] Zeitschrift für rationelle Medicin von Henle und von Pfeufer. 28. Band 1866.

Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Reizes in den menschlichen Nerven von Dr. F. Kohlrausch.

Bei seinen Untersuchungen wendet K. das Hipp'sche Chronoscop an und schliesst den Strom, sobald er den Reiz bemerkt hat, durch Druck auf einen Telegraphentaster. Er stellte ungefähr 1000 Versuche an. Als Reiz wurde ein ziemlich starker Inductionsschlag, der jedoch nicht schmerzhaft war, benutzt. Der Reagierende konnte das Chronoscop nicht wahrnehmen. Die Auslösung des Uhrwerks erfolgte 3 Secunden vor dem Reiz und diente als Signal. Hand und Wange wurden abwechselnd gereizt. K. schied diejenigen Zahlen aus, welche der Reagierende unmittelbar als falsch angab, doch warnt er davor, in dieser Beziehung zu weit zu gehen, und macht zugleich auf den Einfluss der augenblicklichen Körperdisposition aufmerksam. Nicht berücksichtigt wurden ferner bei dem Mittel der einzelnen Reihe diejenigen Zahlen, deren Wert von diesem Mittel um mindestens 0,040 Sec. abwich. In jede Reihe kamen 10—20 Beobachtungen. Bei dem einen Reagierenden schwanken die Werte von 0,121—0,185, bei dem andern von 0,1223—0,1475 Sec. bei je 3 Reihen für die Reaction von Hand zu Hand. Aus dem gesamten Mittel aller Versuche berechnet K. die Geschwindigkeit der Nervenleitung zu 94 m in der Secunde.

und von Wittich[1]. Leyden[2]) wandte die von Hirsch angegebene Methode in Gemeinschaft mit v. Wittich bei Nervenkranken an. In denselben Jahren bestimmte Hankel[3] die physiologische Zeit bei der Anwendung von Druckreizen,

---

[1] Dieselbe. Band 31. 1868. — Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den menschlichen Nerven von v. Wittich.

v. W. wendet die graphische Methode an. Er reagiert durch Druck und macht 42—89 (resp. 87—138) Versuche in einer Reihe. Als Werte der Reaction von Hand zu Hand hat er 0,135—0,175 Sec. erhalten resp. 0,134—0,160 Scc. Die Nervengeschwindigkeit wurde im Mittel zu 41,92—44,854 M. berechnet.

Ferner stellt v. W. fest: Erstens eine unzweifelhafte Abnahme des Zeitwertes mit dem Ansteigen des Reizes und zweitens eine der Stärke des Reizes direct proportionale Zunahme der Sicherheit des Messens, da auch die Abweichungen von dem Mittelwerte geringer werden. Sodann wird darauf aufmerksam gemacht, dass die verschiedenen Stellen der Haut gegen denselben Reiz verschieden empfindlich sind, auch habe noch kein Autor die Stärke des verwendeten Reizes angegeben. Ferner stellte v. Wittich Reactionen auf Druckreiz an. Auch wurde dieselbe Körperstelle gereizt und der Strom bald mit der Hand, bald mit dem Fuss geschlossen.

[2] Archiv für pathologische Anatomie und Physiologie und für klinische Medizin, herausgegeben von R. Virchow. Band 46.

Verlangsamte motorische Leitung von Leyden. Untersuchung des zeitlichen Verlaufes der motorischen Action bei dem Kranken Damerau. Von Prof. v. Wittich, und Band 55.

Weitere Untersuchungen über verlangsamte motorische Leitung. Von E. Leyden und v. Wittich. — Der applicierte Reiz ist ein akustischer, es wird nicht immer eine verlängerte Reactionszeit nachgewiesen.

[3] Berichte über die Verhandlungen der Kgl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig. 1886.

W. Hankel. Ueber einen Apparat zur Messung sehr kleiner

ohne denselben jedoch zur Berechnung der absoluten Geschwindigkeit, mit welcher sich die Reizwelle in der menschlichen Nervenfaser fortpflanzt, zu benutzen.

Indessen zeigten die so gefundenen Werte der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den menschlichen Nerven sehr grosse Verschiedenheiten aus dem ganz natürlichen Grunde, weil die hierbei in Betracht kommenden psychischen Processe wegen der stets periodisch schwankenden Aufmerksamkeit, sowie der Abhängigkeit der Reactionszeit von der Applicationsstelle des Reizes nicht gleichzeitig ablaufen. Man war einmal auf den rein physiologischen Factor bei einer Reaction aufmerksam geworden und überschätzte denselben auf Kosten der psychischen Vorgänge. Gerade in diese Zeit fallen die Versuche von Helmholtz und Baxt[1] die Leitungsgeschwindigkeit in den Nerven

---

Zeiträume. Nach Beschreibung seines Apparates teilt H. ausser andern Versuchen auch solche über die physiologische Zeit eines Druckreizes mit. Derselbe wurde durch Niederfallen einer Messingkugel auf ein am rechten Oberarme befestigtes Platinblech ausgelöst und alle 7 Secunden wiederholt. Einige Augenblicke vorher wurde ein Signal durch Niederfallen eines Hammers auf eine harte Unterlage gegeben. Das Markieren fand durch Niederdrücken eines Telegraphentasters mit der rechten Hand statt. H. erhielt an sich selbst folgende Resultate:

Versuchsreihe	Zeit	Mittlere Variation
I	0,1475 Sec.	0,0368 Sec.
II	0,1614 „	0,0528 „
III (Ein Jahr später)	0,1548 „	0,0368 „
Mittel:	0,1546 Sec.	

[1] Helmholtz berechnete zuerst die Fortpflanzungsgeschwindigkeit an den Nerven von Fröschen. Diese Untersuchungen finden sich in:

1) Poggendorfs Annalen der Physik und Chemie LXXIX. Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenleitung.

zu bestimmen, ohne die Thätigkeit des Gehirns mit in Rechnung ziehen zu müssen. Helmholtz sprach es zuerst aus, dass die auf die andere Art erhaltenen Resultate wegen der stets mitspielenden psychischen Factoren ungenau seien. So verdrängte man die Reactionszeit allmählich aus diesem Bereich der physiologischen Wissenschaft, während Donders[1] derselben ein ganz neues Gebiet erschloss, das Gebiet der experimentellen Psychologie. Diese Umstände hatten zur Folge, dass die bei einer Reaction in Betracht kommenden psychischen Processe die gebührende Beachtung fanden.

Die oben erwähnte Abhandlung v. Wittichs ist die letzte, bei welcher die Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit

---

2) Archiv für Anatomie und Physiologie. 1850.

Messungen über den zeitlichen Verlauf der Zuckung animalischer Muskeln und die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den Nerven.

3) Dasselbe 1852.

Messungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den Nerven, 2. Reihe.

4) Berichte über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Kgl. Preussischen Akademie der Wissenschaften 1854. 15. Juni.

Später bestimmte er in Gemeinschaft mit Baxt dieselbe auch am Menschen. Darüber erschienen folgende Abhandlungen :

1) Monatsberichte der Kgl. Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1867. 29. April.

Versuche über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den motorischen Nerven des Menschen von N. Baxt.

2) Dieselben 1870.

Baxt untersucht den Einfluss der Temperatur auf die Nervenleitung.

[1] Archiv für Anatomie und Physiologie. 1868.

Donders. Die Schnelligkeit psychischer Processe.

als Zweck der Arbeit in den Vordergrund tritt. Wenn bei den in der Folgezeit erschienenen Publicationen auch die Geschwindigkeit berechnet wird, wie bei der von Exner[1], so machen die Autoren dabei mehr auf die somatischen und psychischen Processe aufmerksam, welche eine Reaction beeinflussen können

---

[1] Archiv für die gesamte Physiologie, herausgegeben von Pflüger. Band VII.

Experimentelle Untersuchungen der einfachsten psychischen Processe, von Dr. S. Exner. I. Abhandlung.

Zuerst behandelt E. die Geschichte der persönlichen Gleichung in der astronomischen Periode. Nach Beschreibung seines Apparates teilt er die Reactionsversuche mit, die er an sich und andern Personen an fast allen Körperstellen gemacht hatte. Es ist bei weitem die gründlichste Arbeit in diesem Gebiete. E. schlägt vor die von Hirsch physiologische Zeit genannte persönliche Gleichung „Reactionszeit“ zu nennen. Exner reagierte durch Druck, nachdem 0,7 Secunden vorher ein Signal gegeben war. Die zu gross ausgefallenen Werte für die Reactionszeiten wurden weggelassen. Der Einfluss der Aufmerksamkeit und der Uebung wird gebührend gewürdigt, ebenso auf die Folgen der Ermüdung und anderer störender Einflüsse aufmerksam gemacht; auch auf den Umstand ist hingewiesen, dass die Länge der Reactionszeiten im umgekehrten Verhältnisse zu der Intensität des Reizes steht. Als Werte hat E. erhalten für die Reaction:

von linker Hand zur rechten 0,1381 resp. 0,1249 Sec.
rechte Hand selbst gereizt 0,1469 resp. 0,139 „

Dass bei der letzteren Reaction die Zeiten länger werden, erklärt E. aus dem Umstande, dass es schwer sei, für die Präcision der Empfindung und der Reaction an derselben Körperstelle sorgen zu müssen. Indem der Verfasser schliesslich die Geschwindigkeit der Leitung in den peripheren Nerven zu 62 m annimmt, berechnet er diejenige in den sensiblen Bahnen des Rückenmarks zu 8 m und in den motorischen zu 11—12 m in der Secunde.

und suchen die Gründe der Beeinflussung klar zu legen. So machte v. Wittich später darauf aufmerksam, dass es nicht einerlei ist, ob man die Tastnerven durch Druck oder Elektricität reizt[1]). Exner[2]) wies auf die Aehnlichkeit der Reactionszeit mit der Reflexzeit hin. Bloch erklärte, scheinbar ohne die Arbeit von Helmholtz und Baxt zu kennen, die Anwendung der Reactionszeit zu dem Zwecke, zu welchem sie Schelske verwandt hatte für falsch[3]). Einige Jahre später kamen Hall und

---

[1] Pflügers Archiv. Band. II.

Bemerkungen zu Preyers Abhandlung über die Grenzen des Empfindungsvermögens und Willens, von v. Wittich.

v. W. findet, dass auf Druck langsamer reagiert wird, wie auf elektrischen Reiz und erklärt diese Thatsache aus dem Umstand, dass der elektrische Reiz den Nerven direkt treffe, während der Druck erst infolge einer materiellen Veränderung der Endorgane einen Nervenreiz zustande bringt. Der Druck wird durch die Feder des Tetanomotors erzeugt und ist so schwach, dass er nicht als Druck empfunden wird. Der Verfasser stellte 3 Versuchsreihen mit 36—59 Versuchen an, das Mittel der elektrischen Reize beträgt 0,2494 Sec. während sich dasjenige der mechanischen auf 0,2666 Sec. beläuft.

[2] Pflügers Archiv. Band VIII. Experimentelle Untersuchungen u. s. w. von Exner. Ueber Reflexzeit und Rückenmarksleitung.

Der Verfasser bemerkt, dass die Grösse der Reflexzeit im Allgemeinen von der der Reactionszeit nicht so sehr verschieden sei, dass man annehmen müsse, die hier in Betracht kommenden physiologischen Vorgänge seien wesentlich verschiedener Art.

[3] Archives de physiologie normale et pathologique. Paris 1875.

Expériences sur la vitesse du courant nerveux sensitif de l'homme, par Bloch.

Der Autor behauptet, dass man die von Schelske angegebene

v. Kries[1]) gerade durch Reactionsversuche zu demselben Schlusse, wie Helmholtz und Bloch. Auch M. v. Vintschgau[2]

Methode zur Bestimmung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den menschlichen Nerven rationeller Weise nicht anwenden könne, da unter allen in Rechnung gezogenen Factoren allein die Länge der betreffenden Nerven keinen Veränderungen unterworfen sei. Der von Bloch bei seinen Versuchen angewandte Reiz ist ein mechanischer. Es wird mit verbundenen Augen und verstopften Ohren experimentiert. Wenn man den Nasenflügel reizt, ist die Reactionszeit länger, als wenn man die Fingerspitze reizt. (0,169 gegen 0,1321 Sec.) In einer eigenen Methode findet er für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Nervenreizes den Wert von 156 m per Secunde.

[1] Archiv für Anatomie und Physiologie 1879.

Ueber die Abhängigkeit der Reactionszeiten vom Ort des Reizes. Von G. S. Hall und J. v. Kries.

Dieselben betonen die Unbrauchbarkeit der Reactionszeit zur Bestimmung der Nervengeschwindigkeit, weil die reduzierte Reactionszeit nicht immer dieselbe sei, sondern ihre Grösse von dem Orte des Reizes abhänge. Der Reiz wird bald am Oberarm, bald an der Fingerspitze appliciert. Die Reaction findet durch Druck statt. Folgende Resultate werden erhalten :

H. : Arm 0,152, Finger 0,147 Sec.
K. : Arm 0,126, Finger 0,129 „

[2] Pflügers Archiv. Band XXII.

Die physiologische Reactionszeit und der Ortssinn der Haut. Von M. v. Vintschgau.

Es wird darauf aufmerksam gemacht, welchen Einfluss die Applicationsstelle des Reizes auf die Dauer der Reactionszeit ausübt. v. V. beweist experimentell, dass bei Reizung der Zungenspitze eher reagiert wird, als wenn man den Zungengrund reizt und dass ebenso die Reactionszeit auf Reizen der Fingerspitze eine kürzere ist, als wenn man das capitulum metacarpi reizt. Die Anzahl der Versuche in den einzelnen Serien schwankt von 6—26. Es wurde durch Druck reagiert.

erhielt gleiche Resultate wie diese Forscher. Von Kries und Auerbach[1]) waren die ersten, welche die Reactionszeit um ihrer selbst willen untersuchten. Dieselben besprechen ebenso wie Exner. die Einflüsse genauer, welche Intensität des Reizes,

---

[1] Archiv für Anatomie und Physiologie. 1877.

Die Zeitdauer einfachster psychischer Processe. Von J. v. Kries und F. Auerbach.

In dem Aufsatz werden sowohl die einfache Reactionszeit, wie die complicierten psychischen Vorgänge abgehandelt. Was die einfache Reactionszeit auf Tastreize anbelangt, so ist ungefähr folgendes zu bemerken. Das Signal wurde etwa eine Secunde vorher, doch nicht zu constant durch den Ausruf „jetzt“ gegeben. Die Reaction fand durch Druck statt. Die zu gross ausgefallenen Werthe wurden als zufällige Complicationen gestrichen. Man stellte stets 2—3 Reihen von je 10—15 Versuchen hintereinander fertig. Die Reize werden teils an der Endphalange des Mittelfingers, teils an dem Handgelenk appliciert. Die Resultate sind:

Reiz am Mittelfinger	K.	0,117	Secunden
	A.	0,146	„
Reiz am Handgelenk	K.	0,119	„
	A.	0,147	„
Starker Reiz bei	A.	0,140	„
„ „	K.	0,134	„
Schwacher Reiz bei	A.	0,151	„
Mittlerer „	K.	0,141	„
Schwacher „	K.	0,145	„
Mittlerer „	K.	0,141	„
Starker „	K.	0,139	„

v. K. und A. schliessen aus ihren Resultaten, dass Uebung unbedingt notwendig sei, ferner seien stets Schwankungen der Aufmerksamkeit vorhanden. Ermüdung verlängert die Reactionszeit, letztere nimmt hingegen ab mit der wachsenden Intensität des Reizes. Auch wird die Unsicherheit der Reactionszeit zur Bestimmung der Fortspflanzungsgeschwindigkeit des Nervenreizes betont.

Spannung der Aufmerksamkeit und Ermüdung, sowie körperliches Befinden des Reagierenden auf die Reactionszeit ausüben. Ferner sind auch Dietl und v. Vintschgau zu nennen[1]). René[2]) und V. Berger[3]) beschäftigten sich mit dem Einfluss der Intensität des Reizes.

---

[1] Pflügers Archiv, Band XVI.

Das Verhalten der physiologischen Reactionszeit unter dem Einfluss von Morphium, Caffee, Wein. Von J. M. Dietl und M. v. Vintschgau.

Die physiologische Zeit ändert sich bei demselben Individuum nicht nur an verschiedenen Tagen, sondern ist auch an ein und demselben Tage verschiedenen Schwankungen unterworfen. Im Winter reagiert man kürzer, wie im Sommer. Uebung hat keinen Einfluss auf die Reactionszeit, während psychische Affecte dieselbe verlängern. Man reagierte durch Niederdrücken eines Tasters, der Reiz wurde durch Druck mit einem Pinsel appliciert. Je 8—24 Versuche fanden unmittelbar hintereinander statt. Die ersten Ziffern jeder Gruppe geben eine längere Reactionszeit. Resultate:

v. V.:	0,194—0,156 Sec.	0,170—0,125 Sec.
D.:	0,193—0,128 „	0,139—0,106 „

[2] Lancette française. Gazette des hôpitaux civils et militaires. Paris 1882.

Étude expérimentale sur la vitesse de transmission nerveuse chez l'homme, par René.

R. beweist ebenfalls, dass sich die Reactionszeit bei wachsender Intensität des Reizes vermindert. Es wird der linke Zeigefinger gereizt und mit der rechten Hand durch Druck reagiert. Die mitgeteilten Resultate sind das Mittel aus sehr vielen Beobachtungen, trotzdem sind die Reactionszeiten aber sehr lang, im Mittel 0,19 Secunden.

[3] Philosophische Studien, herausgegeben von Wundt. Band 3.

Ueber den Einfluss der Reizstärke auf die Dauer einfacher psychischer Processe. Von O. Berger.

Eine ausführliche Darstellung aller Umstände, welche auf die Reactionszeit irgend welchen Einfluss ausüben, sowie eine geschichtliche Zusammenstellung findet man bei Kræpelin[1].

Wie wir sehen, war man experimentell schon sehr weit gekommen, man hatte über die Natur des Reactionsvorganges bereits eine annähernd sichere Vorstellung, man kannte die hauptsächlichsten in Betracht kommenden Einflüsse, dennoch blieb es namentlich Wundt[2] und seinen Mitarbeitern vorbehalten, die psychologischen Gründe aller dieser Erscheinungen klar zu legen und experimentell zu begründen. Sehr wertvoll

---

Nach B. wächst die Reactionszeit im umgekehrten Sinne, wie die Reizstärke, und zwar um so schneller, je mehr man sich der Reizschwelle nähert. Er richtete die Intensität so ein, dass von 4 Reizen der folgende immer doppelt so stark war, wie der erstere. Reagiert wurde durch Loslassen eines Telegraphenschlüssels mit der rechten Hand, während er den Reiz am linken Handgelenk oder Unterarm applicierte. Folgendes sind die Resultate in Tausendstel Secunden.

	I.	II.	III.	IV.	Mittel
Reaction	212	193	188	190	196
Mittlere Variation	17	14	12	11	13
Corrigirte R.	194	186	162	161	176
Mittl. Var.	19	18	14	14	16

[1] Biologisches Centralblatt 1881—82. I. Band.

Ueber die Dauer einfacher psychischer Vorgänge, von Dr. E. Kraepelin.

[2] Grundzüge der physiologischen Psychologie, von W. Wundt.

1. Auflage 1874.
2. Auflage 1880.
3. Auflage 1888.

sind in dieser Hinsicht die Arbeiten von N. Lange[1] und L. Lange[2]. Während der erstere Aufschlüsse über die Natur der Aufmerksamkeit giebt, zeigt der leztere, dass auf zweierlei

---

[1] Philosophische Studien von Wundt. Band 4.

Beiträge zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit und der activen Apperception, von N. Lange.

N. Lange hat gefunden, dass die Aufmerksamkeit stets periodischen Schwankungen unterworfen ist, dass diese Schwankungen eine allgemeine Erscheinung für die verschiedenen Arten der Empfindungen bilden. „Ferner sind diese für die verschiedenen Arten der Empfindungen verschieden, dieselben sind am längsten für die Gehörsempfindungen, schneller bei den Gesichts- und am schnellsten bei den Tastempfindungen.“ Er benutzte ganz minimale elektrische Reize, bemerkt jedoch, dass die genannte Erscheinung hier nicht so deutlich ist, wie bei den andern Sinnesgebieten, und erklärt diesen Umstand aus der Ungewohnheit seine Aufmerksamkeit auf tactile Reize zu lenken. L. erhielt an sich selbst bei elektrischen Reizen folgende Resultate in 0,1 Sec. ausgedrückt:

Arithmet. Mittel	28	24	31	23	26	25
Mittlere Var.	5	3	5	4	5	4
Versuchszahl	12	22	11	13	55	50

[2] Dieselben. Band 4.

Neue Experimente über den Vorgang der einfachen Reaction auf Sinneseindrücke. Von L. Lange.

Die Untersuchungen beziehen sich auf akustische Reize. L. bemerkt, dass sich Untersuchungen anstellen lassen, wenn man an den bevorstehenden Sinneseindruck gar nicht denkt, dagegen so lebhaft als möglich die Innervation der auszuführenden Reactionsbewegung vorbereitet — extrem muskuläre Reactionsweise —, sodann, indem man jede vorbereitende Bewegungsinnervation grundsätzlich vermeidet, hingegen seine ganze vorbereitende Spannung dem zu erwartenden Sinneseindruck zuwendet und sich

Art reagiert werden kann, muskulär und sensoriell. Diese Untersuchung wurde von Exner[1] bestätigt. Der Vollständigkeit halber ist noch eine Arbeit von M. v. Vintschgau und E. Steinach[2] zu nennen, welche über Drucksinn handelt. Ewald[3] gab auf der letzten Naturforscherversammlung in Köln eine Uebersicht über die Gesichtspunkte, nach welchen man bei der Anstellung von Reactionsversuchen verfahren müsse.

---

zugleich vornimmt, unmittelbar nach Auffassung des Eindrucks, ohne bei demselben unnötig zu verweilen, den Impuls zur Bewegung folgen zu lassen — extrem sensorielle Reactionsweise. Diese ist länger, wie die erstere.

[1] Physiologisches Centralblatt. 1888.

Exner referiert über die Arbeit von L. Lange und bestätigt im wesentlichen dessen Resultate, jedoch will er die extrem sensorielle Reaction nicht mehr als Reaction gelten lassen. Auch weist E. darauf hin, dass er, freilich in andern Worten, dieselben Resultate schon in Pflüg. Archiv. VII. angegeben habe.

[2] Pflügers Archiv. Band 43.

Zeitmessende Versuche über Temperatur und Drucksinn. Von M. v. Vintschgau und E. Steinach.

Bei den Reactionen auf Druckreiz wurde der Reiz teils am Zeigefinger der linken Hand, teils an der Hohlhand appliciert. In dem erstern Falle betrug der Mittelwert aus je 11—16 Beobachtungen 0,121 Secunden, im zweiten aus je 14—17 Beobachtungen 0,123 Secunden. Es wurde durch Druck reagiert.

[3] J. Rich. Ewald.

Verhandlungen der 61. Naturforscherversammlung zu Köln. 1888.

Eigene Versuche.

Wie aus den bereits geschilderten Versuchen meiner Vorgänger hervorgeht, sind die Reactionszeiten sehr verschieden lang gefunden worden und von einer grossen Anzahl von Umständen abhängig. Es kommen Unterschiede vor, welche mehr als eine Secunde betragen, also etwa das 8 fache der sonst als normal bezeichneten Reactionszeiten. Freilich sind so grosse Differenzen nur ausnahmsweise beobachtet worden, aber auch die als normal und gut bezeichneten Reactionszeiten weichen zu sehr von einander ab, um von einer bestimmten, für den normalen Menschen gültigen Reactionszeit sprechen zu können.

Es ändert sich nicht viel an dieser Sachlage, wenn man immer denselben Reiz an derselben Stelle appliciert und stets dieselbe Reaction verlangt. Auch unter diesen Umständen fallen die Reactionszeiten immer noch sehr verschieden lang aus, und wir können auch für diesen bestimmten Fall eigentlich keine normale Reactionszeit aufstellen. Wenn es auch vereinzelten Personen gelingt für ihre Person eine relativ sehr constante Zahl zu erhalten, so entkräftet das doch nicht die eben ausgesprochene Behauptung. Für ein beliebig gewähltes Individuum — wobei wir natürlich die aus irgend einem Grunde unbrauchbaren Personen ausschliessen — hat man bisher für eine bestimmte Reaction auf einen bestimmten Reiz keine hinreichend constante Reactionszeit erhalten, so dass vom physiologischen Standpunkte aus betrachtet, die Messungen der Reactionszeit das nicht geleistet haben, was man wohl ursprünglich von ihnen erhofft hatte. Nur ganz ungefähr und im allgemeinen hängt die

Reactionszeit von der Art des Reizes und der Art der verlangten Reaction ab, ohne sichere Rückschlüsse zu gestatten.

Eine zweite Hoffnung, die sich an die Messung der Reactionszeiten knüpfte, ist ganz gescheitert. Man glaubte aus ihnen die Geschwindigkeit, mit der sich die Innervationswelle durch die Nervenfaser bewegt, ableiten zu können und wollte, indem man den Reiz einmal näher, einmal entfernter vom Centralnervensystem anbrachte, aus der Differenz der Reactionszeiten und der Nervenstrecke die gewünschte Berechnung anstellen. Abgesehen von der für solche Zwecke sehr grossen Inconstanz der Reactionszeiten leidet diese Idee unter dem Hauptfehler, dass die Zeiten nicht der von der Innervationswelle durchlaufenen Strecke proportional sind, indem es nämlich wesentlich darauf ankommt, wie empfänglich der Nerv für den Reiz an der Stelle ist, wo derselbe appliciert wird. So ist wenigstens unsere Auffassung von der Sache. Es steht aber natürlich nichts im Wege, dieselben auch so zu deuten, dass die Umsetzung des sensiblen Reizes in den motorischen von dem Applicationsort des Reizes zeitlich abhängig ist. Jedenfalls haben diese Versuche auf das deutlichste gezeigt, dass die Bestimmung der Leitungsgeschwindigkeit im Nerven in der besprochenen Weise unstatthaft ist.

So bleibt denn für die Reactionszeit nur noch ihre Verwendung als relative Grösse übrig, um aus ihr eine Veränderung des Organismus zu constatieren, sei es, dass es sich um Krankheiten oder um die Wirkung eines Medikamentes handelt. Der praktische Arzt und der Pharmakologe sollten sie gleich gut verwenden können, besonders der letztere, dem an demselben Individuum die normale und die veränderte Reactionszeit zu messen möglich ist.

Zu dem Zwecke muss aber die Methode eine einfache sein, und die Constanz der Zahlen auch ohne eine besonders grosse Uebung eine hinreichende werden, um mit Sicherheit aus den gewonnenen Resultaten Schlüsse ziehen zu können. Unsere

Bemühungen erstreckten sich auf diese Forderungen und wir geben im Nachfolgenden die Schilderung einer Methode, die in Bezug auf Einfachheit kaum etwas zu wünschen übrig lässt, und durch die auch die Reactionszeiten in sehr merklicher Weise constant werden.

Bei allen zur Messung der Reactionszeit dienenden Apparaten, wird es sich in erster Linie um ein Zeitangebendes Instrument handeln und es fragt sich, bis zu welcher Genauigkeit dasselbe functionieren muss. Man kann in dieser Beziehung die Forderungen ausserordentlich hoch stellen, da es Apparate giebt, durch die sich noch mit Sicherheit der millionte Teil einer Secunde bestimmen lässt. Aber man darf natürlich auch nicht vergessen, dass je genauer ein solches Instrument ist, desto complicierter auch seine Construction und desto schwieriger seine Handhabung sein muss.

Das berühmte Chronoscop von Hipp, welches jetzt gewöhnlich zu Reactionsversuchen verwandt wird, giebt noch tausendstel Secunden an. Dasselbe ist aber bereits in seiner Benutzung ziemlich compliciert und mancher Fehler mag sich in die Reactionsversuche eingeschlichen haben, ohne dass er vom Autor bemerkt wurde. Bekanntlich wird bei diesem Instrument die Geschwindigkeit, mit der sich die Zeiger bewegen, dadurch reguliert, dass eine Metallfeder an einem Zahnrad streift und bei jeder Schwingung einen Zahn passieren lässt. Es kommt alles darauf an, dass diese Feder in der richtigen Weise schwingt. Hier treten aber gerade leicht Unregelmässigkeiten ein, die man mit Hülfe des Ohres wahrnimmt. Man hört Untertöne und allerhand Geräusche, welche den unregelmässigen Gang des Uhrwerks anzeigen, aber doch häufig unbeachtet geblieben sein mögen.

Die Genauigkeit des Hippschen Chronoscopes geht noch weit über das hinaus, was zur Messung der Reactionszeit erforderlich ist und wir können daher zu einem weit einfacheren

Instrument greifen. Wenn wir ein Instrument wählen, welches noch ein hundertstel Secunden zu erkennen gestattet, so genügt das für unsere Zwecke vollkommen. Denn Schlüsse, welche man aus zeitlichen Differenzen der Reactionszeit zieht, welche kleiner als ein hundertstel Secunde sind, können als völlig unstatthaft bezeichnet werden. Herr Prof. Ewald hat ein einfaches Chronoscop construirt, welches Hundertstel Secunden anzeigt und besonders dadurch sich zur practischen Verwendung eignet, dass seine Aufstellung und Handhabung sehr bequem sind. Ein kleiner Zeiger, welcher auf Null steht, dreht sich während der Reactionszeit um seine Axe und die Zeit, bei der er stehen bleibt, giebt direkt die Zahl der hundertstel Secunden an, welche die Reactionszeit gedauert hat.

Auch dafür ist gesorgt, dass bei dem nächsten Versuch der Zeiger sich nicht weiter bewegt, sondern immer wieder von der Null anfängt, sodass das lästige Subtrahieren einer Zeitangabe von der andern fortfällt und unmittelbar nach jedem Versuch die Reactionszeit in bequemster Weise angegeben wird. Dass gerade dieser letzte Umstand eine besondere Wichtigkeit hat, werden wir noch später erörtern.

Beschreibung des Ewald'schen Chronoscopes.

Das kleine Instrument, welches in Fig. 1 u. 2 abgebildet ist, besteht im wesentlichen nur aus einem Zählwerk, welches die Zahl der Unterbrechungen eines elektrischen Stromes angiebt, der bei den beiden Klemmschrauben in das Instrument ein- und austritt. Eine Stimmgabel, welche hundert Schwingungen in der Sekunde macht, ist nun bekanntlich ein sehr bequemes und einfaches Instrument, um einen elektrischen Strom entsprechend der Zahl der Schwingungen zu unterbrechen. So braucht man

also nur während einer zu bestimmenden Zeit (Reactionszeit) das Chronoscop mit dem durch die Stimmgabel gehenden Strom zu verbinden, um direkt die fragliche Zeit in hundertstel Secunden ausgedrückt, zu erhalten. Das Chronoscop zählt eben die Zahl de Stromunterbrechungen das heisst die Zahl der Stimmgabelschwingungen.

Zum Zweck der Zählung der Stromunterbrechungen befindet sich in dem Chronoscop ein kleiner Elektromagnet, der einen kleinen Sperrhaken hin- und herbewegt, falls er erregt und wieder entregt wird. Der Sperrhaken bewegt ein kleines Zahnrad, welches hundert Zähne besitzt und an dem sich direct der Zeiger befindet, bei jedem Hin- und Hergang um einen Zahn weiter. Auf diese Weise übertragen sich die Bewegungen des mit dem Sperrhaken verbundenen Ankers des Elektromagneten auf den Zeiger, so dass weder eine Feder, noch ein Gewicht, welches aufgezogen werden müsste, nötig ist. Auch hierin liegt eine Bequemlichkeit des Apparates.

Ferner sei erwähnt, dass durch ein besonderes Gesperre dafür gesorgt ist, dass weder das Zahnrad resp. der damit verbundene Zeiger sich rückwärts bewegen kann, noch dass bei einer vielleicht zu schnellen Anziehung des Elektromagneten ein Zahn übersprungen wird. Es kann daher das Instrument nie eine falsche Angabe machen. Schliesslich bleibt die Einrichtung zu besprechen, in welcher Weise der Zeiger wieder auf die Null gebracht wird, nachdem ein Versuch beendet ist. Eine jener feinen und complicierten Constructionen, wie man sie an den Taschenuhren anbringt, um durch einen einfachen Druck auf ein Knöpfchen den Secundenzeiger aus jeder beliebigen Stellung auf die Null zurück zu bringen, war für den vorliegenden Zweck nicht wohl verwendbar. Herr Prof. Ewald hat aber die Aufgabe in der einfachsten Weise gelöst. Der ganze innere Teil des Chronoscopes (Elektromagnet, Zahnrad und Zeiger) ist um eine Axe (die des Zeigers) drehbar, während das

Zifferblatt, über dem sich der Zeiger bewegt, immer feststeht. Ist bei einem Versuche, bei dem die Reactionszeit 0,10 Sec. dauert, der Zeiger von 0 auf 10 vorwärts gegangen, so kann man nun das ganze Werk des Chronoscopes mitsammt dem Zeiger auf die Null wieder zurückdrehen. Dies geschieht von aussen mittelst des geränderten Rades bei *a* Fig. 1, durch welches das Werk des Chronoscopes nach Belieben vor- und rückwärts gedreht wird, wobei ein Gesperre dafür sorgt, dass es nur eine solche Ruhelage einnehmen kann, bei welcher der Zeiger gerade über einem Teilstrich steht. Will man aus einer Anzahl von Versuchen das Mittel ziehen, so lässt man den Zeiger bei jedem Versuch weiter gehen, ohne ihn vorher auf die Null gebracht zu haben, und erhält auf diese Weise gleich die Addition von sämmtlichen Versuchen.

Als stromunterbrechende Stimmgabel kann man natürlich jede hundertmal in der Sekunde schwingende Gabel verwenden. Es empfiehlt sich der Einfachheit wegen von jener Methode Gebrauch zu machen, die Herr Prof. Ewald angegeben hat, (Pflüg. Archiv. 44 p. 556) mittels welcher die Stimmgabel durch einen einfachen Bunsenschen Aspirator in Schwingung erhalten wird. Man hat dann nur nötig einen Wasserleitungshahn aufzudrehen, um die Gabel in Thätigkeit zu versetzen und es fällt die sonst dazu verwandte elektromotorische Vorrichtung ganz fort.

Die eine Zinke der Stimmgabel ist mit einer Platinspitze versehen, die bei jeder Schwingung einmal in ein Quecksilbernäpfchen taucht.

Vom Quecksilber führt ein Draht zu dem gleich zu beschreibenden Ewald'schen Taster darauf zu einem galvanischen Element, von dort zum Chronoscop und sodann zur Stimmgabel zurück. Wird zugleich mit dem Reiz, der den Reagierenden trifft, dieser Stromkreis geschlossen, so beginnt der Zeiger des Chronoscopes sich zu bewegen, bis der Reagierende den Kreis

wieder durch Fortziehen eines Fingers vom Taster öffnet. Dies ist das einfache Schema für die vorliegenden Versuche.

Es wird dadurch in der Wirklichkeit etwas complicierter, dass das Signal und der Reiz durch dieselbe Leitung ausgelöst werden.

Der Ewald'sche Taster.

In Fig. 3 und 4 ist der Taster abgebildet, welcher das Besondere hat, dass der Reiz den Finger selbst trifft, der fortgezogen werden soll und zwar auch von derselben Stelle, wo er den Taster berührt. Wie wichtig es ist, durch «Fortziehen» zu reagieren und nicht durch «Drücken» wird unten ausführlich besprochen werden.

Der doppelarmige Hebel *a* ist über seinem Drehpunkt mit einer Klemmschraube versehen, so dass hier der elektrische Strom in ihn eintreten kann. An seinem einen Ende bei *b* trägt er eine Platinspitze unter der sich auf der Unterlage eine Platinplatte befindet, welche mit der Klemme *e* in Verbindung steht. Eine Feder *c*, deren Kraft durch die Schraube *d* regulierbar ist, hält beständig diesen Contact offen. Er wird geschlossen, indem man mit dem Finger auf den Hartgummiknopf *f* drückt, und öffnet sich durch die Feder, sobald man den Finger fortzieht. Der Hartgummiknopf *f* ist durchbohrt von 2 Kupferdrähten, welche einerseits 2 mm von einander entfernt auf der Oberfläche des Knopfes endigen, andererseits durch zwei dünne Drahtspiralen mit den Klemmen *g* und *h* in Verbindung stehen. Sind letztere mit der secundären Spirale eines Inductionsapparates verbunden, so geht der Inductionsschlag in die Kuppe des Fingers, der vom Reagierenden fortgezogen werden soll.

Es sei schliesslich bemerkt, dass auch die andere Seite des

doppelarmigen Hebels *a* mit einem analogen Contact versehen ist, damit man auch so reagieren lassen kann, dass auf den in derselben Weise applicierten Reiz nicht «fortgezogen», sondern «gedrückt» wird. Zu dem Zweck wird dann die Feder durch die Schraube *d* stärker angespannt, damit der aufgelegte Finger einen gewissen Widerstand empfindet und nicht durch die blosse Berührung den Contact schliesst. Es wird ferner statt der Klemmschraube *e* die analoge *i* verwandt.

Das Signal.

Dasselbe besteht aus einer einfachen elektrischen Klingel, wie sie im Handel zu haben sind. Nur zwei kleine Veränderungen waren an derselben angebracht. Erstens war auf die Glocke ein grösseres Stück Wachs geklebt und zweitens war die kleine Feder des den Klöppel bewegenden Wagner'schen Hammers etwas verbogen worden, sodass durch die Anziehung des Ankers des Elektromagneten der elektrische Strom nicht unterbrochen wurde. Es war also gewissermassen das selbstthätige Princip des Wagner'schen Hammers dadurch aufgehoben worden und ein durch die Klingel gehender elektrischer Strom bewirkte nur einen einzigen Schlag des Klöppels gegen die Glocke und ging dann ungehindert bei beständig angezogenem Anker des Elektromagneten durch das Instrument hindurch. Das auf die Glocke geklebte Stück Wachs dient zur Dämpfung, da ein nachtönendes Signal ebenso störend wirkt wie ein zu lautes. Ein akustisches Signal ist einem optischen durchaus vorzuziehen. Auf das letztere muss stets, falls es nicht übersehen werden soll, eine gewisse Aufmerksamkeit verwandt werden, und man kann daher dieselbe zwischen den einzelnen Reactionsversuchen nicht völlig abschweifen lassen wie beim akustischen Signal.

Die Auslösungsvorrichtung.

Es bleibt noch ein kleines Instrument zu beschreiben übrig, welches ich die Ewald'sche Wippe nennen möchte, das in sehr bequemer Weise nicht nur den Reiz erteilte und den zeitmessenden Strom schloss, sondern auch zu gleicher Zeit das Signal in Thätigkeit setzte. Das kleine Instrument ist in Fig. 5 in natürlicher Grösse abgebildet. An einem Hartgummiprisma *a* von 7 cm Länge und 1 cm Breite befinden sich folgende Teile: Erstens der Stiel *b*, der in irgend einem Stativ eingeklemmt wird. Ferner ein einarmiger Hebel *c*, dessen Lager die Klemmschraube *d* trägt. In der Mitte dieses Hebels ist ein Platinplättchen angebracht, welches sich gegenüber einer mit der Klemme *e* verbundenen Platinspitze befindet. Am Ende desselben Hebels ist ebenfalls ein Platinplättchen aufgesetzt, das mit der Platinspitze eines zweiten Hebels *f* berührt werden kann. Dieser zweite Hebel ist ein doppelarmiger und sein Lager ist mit der Klemme *g* versehen. Die beiden Hebel *c* und *f* tragen ferner 2 kleine Haken, in welche Spiralfedern eingehängt sind. Die letztern gehen durch das Hartgummistück hindurch und sind durch 2 kleine Cylinder *h* und *i* geschützt. Der Deutlichkeit wegen sind die Spiralfedern auf der Zeichnung angegeben, obgleich man sie durch die Messingcylinder nicht sehen kann. Infolge des Zuges dieser Spiralfedern liegt für gewöhnlich der doppelarmige Hebel auf dem Contact der Klemme *e* und ist somit *d* und *e* in leitender Verbindung, während der Hebel *f* von dem Contact mit *c* ferngehalten wird, die Klemme *g* also weder mit *d* noch mit *e* in Verbindung steht. Drückt man nun aber auf das freie Ende des Hebels *f*, so wird letzterer dadurch gegen den Hebel *c* bewegt, tritt mit ihm in leitende Verbindung und hebt ihn zugleich von seiner Unterlage auf. Dadurch kommt *g* mit *d* in

leitende Verbindung, während *e* völlig ausser Contact tritt. Es ist hervorzuheben, dass zeitlich in demselben Moment die beiden Veränderungen eintreten d. h. dass die Oeffnung des Contactes von *e* in demselben Augenblicke geschieht, indem die Verbindung von *d* und *g* eintritt.

Schneidet man nun aus Cartonpapier eine Scheibe aus, wie es Fig. 6 darstellt, und klebt man dieselbe auf die untere Fläche der Trommel eines Kymographions, wie es Fig. 7 andeutet, so braucht man nur die Ewald'sche Wippe in das Bereich dieser Scheibe zu bringen, so wird man in ungefähr regelmässigen Intervallen Bewegungen des Hebels *f* in der einen und in der andern Richtung erhalten, welche vollkommen die sonst bei den Reactionsversuchen nötige zweite Person zu ersetzen im stande sind. Mit der in Fig. 6 gezeichneten Scheibe würde man bei einer Umdrehung der Trommel zwei Reactionsversuche erhalten. Es kommt aber natürlich nur auf die Schnelligkeit, mit der sich die Trommel bewegt, an, wieviele Versuche sich bei einer Umdrehung anstellen lassen, wonach sich dann die Zahl der Einschnitte *a b* in der Papierscheibe richtet.

Die Aufstellung der Apparate.

Es ist schon wiederholt darauf aufmerksam gemacht worden, wie wichtig es ist, dass der Reagierende in keiner Weise gestört werde, so dass er seine Aufmerksamkeit völlig unbeirrt auf das Reagieren richten kann. Es ist deswegen unbedingt nötig, dass der Reagierende in einem entfernten Zimmer sich befinde, wo er nichts mehr von dem Geräusch der Apparate hören kann. In der Fig. 1 haben wir das durch eine Wand angedeutet, durch welche die Drahtleitungen gezogen sind. Wie man sieht, genügen für uns drei Drähte und da man sich sehr

wohl des bequemen Telephondrahtes bedienen kann, welcher bereits zwei Drähte enthält, so braucht man nur zwei Leitungen zu legen. In dem einen Zimmer befinden sich:

1) ein Kymographion mit der aufgeklebten Papierscheibe,
2) die Ewald'sche Wippe,
3) das Chronoscop,
4) die Stimmgabel und
5) die Stromquelle.

Auf der andern Seite in dem entfernten Zimmer wird aufgestellt:

1) die Glocke, um das Signal zu geben,
2) ein Inductionsapparat und
3) der Taster.

Aus der Fig. 1 ist ohne weiters verständlich, in welcher Weise die Drahtverbindungen gelegt sein müssen.

Befindet sich die Wippe, wie das die Abbildung zeigt, im Ausschnitt *a b*, so kann der elektrische Strom nur durch den Inductionsapparat und die Glocke sich ausgleichen und im Moment, wenn die Wippe den Ausschnitt bei *a* erreicht, kommt daher das Signal zu stande; zu gleicher Zeit aber auch ein Schliessungsinductionsschlag, der indessen nicht gefühlt werden kann, weil der Reagierende erst nach Wahrnehmung des Signals den Finger auf den Knopf des Tasters legt. Dann bleibt alles unverändert bis die Wippe durch die Scheibe *b* in die neue Lage gebracht wird. In diesem Augenblick wird der durch den Inductionsapparat gehende Strom unterbrochen und der Reagierende erhält den Reiz. Gleichzeitig wird der angezogene Klöppel der Glocke losgelassen, was natürlich mit keinem Geräusch verbunden sein darf. Durch Biegung des Klöppels und eventuelle Unterlegung des Ankers mit einem Stückchen Filz oder Schwamm

ist dasselbe leicht zu erreichen. In demselben Moment wird aber auch der elektrische Strom durch den Taster, die Stimmgabel und das Chronoscop geschickt, sodass der Zeiger des letztern sich entsprechend den Stimmgabelschwingungen vorwärts bewegt, bis der Reagierende den Finger vom Taster zurückzieht und dadurch diesen Stromkreis wieder öffnet. Das Chronoscop zeigt nun die directe Reactionszeit an und kann dann auf die Null zurückgestellt werden. Damit ist ein Versuch beendet und der nächste beginnt wieder, wenn der andere Ausschnitt bei *a* die Wippe erreicht. Zur Einübung des Reagierenden oder wenn man an sich selbst ohne Assistenz Versuche anstellen will, wird das Chronoscop an der Stelle, wo es sich gewöhnlich befindet, ausgeschaltet und in denselben Kreis aber in dem entfernten Zimmer wieder eingeschaltet.

Wir haben in Fig. 2 noch ein zweites Schema der Versuchsanordnung gegeben für den Fall, dass man statt der Ewald'schen Stimmgabel eine solche mit elektrischem Antrieb benutzen will. Zugleich ist bei diesem Schema das Chronoscop in der Nähe des Reagierenden aufgestellt, wo es bei einübenden Versuchen oder bei Mangel eines Assistenten stehen muss.

Man könnte meinen, dass bei der Verwendung der elektrischen Stimmgabel gar keine Veränderung der Drahtleitungen, wie sie bei Fig. 1 dargestellt ist, nötig sei, sodass man nur an Stelle der einen die andere Stimmgabel zu setzen habe. Dies ist indessen nicht der Fall.

Wenn nämlich die Wippe den Stromkreis, in dem sich die primäre Spirale befindet, öffnet, so kann momentan auch der Strom von dem Element der Stimmgabel in diesen Stromkreis einbrechen und dadurch die Stärke des Inductionsschlages verringern. Da dies nun aber nur in dem Fall geschieht, wenn in dem betreffenden Momente die Stimmgabel ausser Berührung mit dem Quecksilber der Unterbrechungsvorrichtung ist, so wird bei dem Spiel der Stimmgabel bald jene Veränderung des In-

ductionsschlages eintreten, bald aber auch nicht. Es lässt sich auf diese Weise keine Constanz des Inductionsstromes erzielen und man ist auf das Schema der Fig. 2 angewiesen. Uebrigens ist dieses Schema nicht merklich complicierter, wie das vorhergehende.

Es verbinden zwar 4 Drähte die beiden Zimmer, aber bei Verwendung von Telephondrähten sind auch hier nur zwei Leitungen zu legen. Die eine Stromquelle dient dazu, das Signal zu geben und den Inductionsschlag auszulösen, während die andere die Stimmgabel und das Chronoscop in Thätigkeit versetzt.

Ist dieser letztere Stromkreis (der dick gezeichnete) geschlossen, so wirkt die eine Zinke der Stimmgabel als gute Nebenschliessung und der Strom geht nur in dem Falle durch das Chronoscop, wenn diese Zinke nicht mit dem Quecksilber der Unterbrechungsvorrichtung in Contact steht.

Man hat wiederholt darüber geklagt, dass die Anstellung von Reactionsversuchen zum Zweck der klinischen Beobachtung zu compliciert und es wünschenswert sei, eine einfachere Methode zu kennen, welche dann auch nur gröbere Abweichungen von dem normalen Verhalten anzuzeigen brauchte. Wir erachten es daher nicht für überflüssig besonders darauf aufmerksam zu machen, das sich die eben geschilderte Versuchsanordnung noch vereinfachen lässt, falls es nicht auf grosse Genauigkeit ankommt und ausser dem Reagierenden noch eine zweite Person zugegen ist. Letztere muss ja doch bei der Untersuchung eines Patienten dieselbe leiten. Man wird dann erstens das Signal ganz fortlassen und zweitens auf die selbstthätige Auslösung der Versuche durch das Kymographion verzichten, welches dann ebenfalls ganz fortfällt. Die kleine Wippe, oder ein ähnlich construirtes grösseres Instrument, wird dann von dem Beobachter mit der Hand bewegt. Zu klinischen Zwecken käme also zu dem Inductionsapparat, dessen Besitz vorausgesetzt werden

kann, nur die Stimmgabel, die Wippe, das Chronoscop und der Taster, welche Apparate in ihrer Anwendung sämmtlich sehr einfach sind. Ja, es lässt sich Wippe und Stimmgabel noch in der Weise zu einem Instrument vereinigen, dass durch die Bewegung der Wippe zugleich auch die Stimmgabel angestossen wird und damit die Einrichtung, die Stimmgabel in Schwingung zu erhalten (Elektromagnet oder Bunsen'scher Aspirator) auch noch fortfällt.

Die Resultate, zu denen wir gelangt sind, lassen sich in wenigen Worten zusammenfassen und man wird nicht von uns verlangen, die Zeitangaben der einzelnen Versuche mitzuteilen. Bei der grossen Bequemlichkeit der Methode war es keine grosse Mühe tausende von Versuchen anzustellen.

Zunächst finden wir, dass die Reactionszeit bedeutend constanter ausfällt, wenn auf «Ziehen» reagiert wird, als wenn dasselbe auf «Drücken» geschieht. Dieser Unterschied ist meines Wissens noch nicht genügend betont worden und es stimmt mit diesem Resultate überein, dass die Reactionszeiten beim «Ziehen» auch kürzer sind als beim «Drücken». Dieser Unterschied war zu constatieren, wo wir auch immer den Reiz applicierten, z. B. für den Fall, dass die Reactionen von «Hand zu Hand» ausgeführt wurden. Auch für nicht tactile Reize (Ohr und Auge) findet sich dies bestätigt. Es scheint, dass zum Drücken doch jedesmal eine gewisse Ueberlegung gehört, derzufolge wir das dem Reflexe entsprechende und daher natürliche Fortziehen unterlassen und statt dessen einen Druck ausüben. Beim «Ziehen» fällt dagegen diese Ueberlegung fort. Dass das letztere die natürlichere Bewegung ist, auch wenn eine Licht- und Gehörsempfindung als Reiz wirkt, scheint mir keiner besondern Auseinandersetzung zu bedürfen. Der Arm befindet sich bei den Reactionsversuchen in einer mehr oder weniger gestreckten Lage und bei jedem Erschrecken wird naturgemäss der betreffende Arm dann angezogen. Jeder Reiz aber,

auf den man mit gespannter Aufmerksamkeit harrt, hat eine dem Erschrecken ähnliche Wirkung zur Folge, auch wenn er relativ sehr schwach ist.

Was für die eben besprochenen Reize gilt, hat im erhöhten Masse Anwendung für den Fall, dass die Reactionsbewegung mit der Reflexbewegung identisch ist, und es empfiehlt sich daher den Reiz an der Fingerspitze zu applicieren, welche auf den Knopf des Tasters drückt, um denselben Finger dann zurückziehen zu lassen. (Vergl. den Ewald'schen Taster.)

Sind also die Reactionszeiten durchweg kürzer und constanter beim Ziehen als beim Drücken, so sind sie dies noch in erhöhtem Masse, falls beim Ziehen der Reiz den fortzuziehenden Finger betrifft.

Als Beispiel mögen folgende Tabellen dienen, in denen nur der Unterschied zwischen Ziehen und Drücken zum Ausdruck kommen soll. Die Reactionszeiten sind im übrigen sehr lang, da weder ein Signal zur Verwendung kam, noch der Betreffende eine besondere Uebung im reagieren hatte.

Ziehen	Drücken
12	16
13	18
14	17
14	19
13	16
13	15
12	15
12	20
12	18
13	21
12	17
12	16
im Mittel 12,6	im Mittel 17,3

Dasselbe Resultat finden wir bei den Untersuchungen «von Hand zu Hand» nur dass dort die Reactionszeiten länger sind und beim Drücken auch regelmässiger.

Ziehen	Drücken
16	19
15	17
15	22
15	16
15	17
15	16
18	21
15	23
18	21
16	15
im Mittel 15,8	im Mittel 18,7

Von allen Autoren wird gleichmässig angegeben, wie wichtig es sei, dass die Aufmerksamkeit völlig gespannt ist. Die tägliche Erfahrung lehrt aber, dass man nur während einer ganz kurzen Zeit die Aufmerksamkeit auf irgend etwas gespannt richten kann. Dann schweift sie ab und es gehört ein erneuter Willensimpuls dazu, sie wieder zurück auf denselben Gegenstand zu bringen. Es schwankt also der Grad der Aufmerksamkeit, den wir einem Gegenstand zuwenden können, auf und nieder und es ist darnach selbstverständlich, dass die Reactionszeiten nur dann am kürzesten ausfallen können, wenn sie in einer Periode der maximalen Aufmerksamkeit ausgeführt werden. Auf dieses Verhalten der Aufmerksamkeit hat auch N. Lange hingewiesen (S. oben p. 27) und versucht den Rythmus des An- und Absteigens derselben zeitlich zu bestimmen. Seine Angaben stimmen mit unsern Erfahrungen gut überein, indem wir fanden, dass das Mittel aus den Reactionszeiten verschieden ausfällt, je

nachdem man eine längere oder kürzere Zeit von einem gegebenen Momente an die Aufmerksamkeit gespannt hat. Giebt man also dem Reagierenden ein Signal, auf welches hin er seine Aufmerksamkeit anspannen soll und folgt der Reiz dann dem Signal früher oder später, so fallen die Reactionszeiten am kürzesten aus, wenn etwa 2—3 Secunden der Reiz nach dem Signal eintritt. Unmittelbar nach dem Signal sind die Reactionszeiten länger, weil die Aufmerksamkeit erst ansteigt, nach der erwähnten Zeit werden sie ebenfalls länger, weil die Aufmerksamkeit ermattet. Es ergiebt sich daraus die von uns befolgte Vorschrift, dass jedem Reiz ein Signal um etwa 2—3 Secunden vorausgehen soll.

Ferner konnten wir durch unsere Versuche feststellen, dass eine grössere Uebung beziehungsweise Geschicklichkeit, deren günstige Einwirkung von fast allen Autoren zugestanden wird, nur leicht erreicht werden kann, wenn der Reagierende unmittelbar nach jeder Reaction das Resultat erfährt.

Wie Prof. Ewald auf der Kölner Naturforscher Versammlung ausführte, ist dieser Umstand ebenso wichtig und notwendig, wie es für den Schützen erforderlich ist, den Sitz der Kugel in der Scheibe kennen zu lernen. Die Erwerbung grösserer Uebung erscheint kaum denkbar, wenn man dem Schützen erst nach einer Reihe von Schüssen deren Resultate mitteilen würde. Wir sahen daher von dem oben besprochenen Chronoscope, welches dem Reagierenden sofort die Zahl der hundertstel Secunden seiner Reactionszeit angiebt, falls es in seiner Nähe aufgestellt ist, die besten Erfolge in Bezug auf die Einübung eintreten.

Es macht einen eigenthümlichen Eindruck, wenn man sieht mit wie wenig Bedenken in den Arbeiten über Reactionszeit alle Versuche, die dem Autor zu lang oder zu kurz erschienen, gestrichen werden. Wir halten dieses Verfahren für durchaus unerlaubt. Ein anderes ist es, wenn man von jeder Versuchs-

reihe die ersten eliminiert, nur muss man dann immer die gleiche Anzahl von Reactionen fortlassen und dies unter allen Umständen bei jeder Serie in gleicher Weise thun. So haben wir jedesmal die drei ersten Versuche einer Serie fortgelassen, gleichgültig, welche Resultate dieselben zeigten. Es ist dies Verfahren sehr zu empfehlen, weil die Reize nach längerer Pause immer etwas erschreckendes haben.

Die ersten wenigen Versuche jeder neuen Serie zeigen im allgemeinen inconstantere Resultate, als die darauf folgenden Versuche. Nach dreimaligem Reagieren ist man wieder an den Reiz soweit gewöhnt, dass er nichts erschreckendes mehr hat.

Es liegen hier die Verhältnisse genau so, wie wenn man in der Nähe schiessen hört. Folgen sich die Schüsse in einem gewissen Tempo, so gewöhnt man sich schnell an dieselben und erschrickt nicht mehr bei jedem einzelnen. Nach einer längern Pause werden aber immer wieder die ersten Schüsse ein Erschrecken zur Folge haben.

Wir können dieses Gleichniss auch noch zur Erklärung einer andern wichtigen Verhaltungsmassregel, die wir studiert haben, heranziehen. Ebenso, wie die Schüsse, die nicht erschrecken sollen, nicht in einem zu langsamen Tempo sich folgen müssen, so darf auch der Abstand der einzelnen Reactionen nur ein kleiner sein. Wir finden, dass das günstigste Intervall zwischen zwei Versuchen etwa 10 Sec. beträgt. Rechnet man von dieser Zeit die 2—3 Sec., welche zwischen Signal und Reiz verfliessen, ab, so bleiben etwa 8 Sec. für die Zurückstellung des Chronoscopzeigers, eine Zeit, die hierfür durchaus hinreichend ist.

Schliesslich ist grosse Rücksicht auf die Ermüdung zu nehmen. Wir fanden in der Beziehung das es schon nach 10 Versuchen nötig ist, eine etwas längere Pause von wenigstens einigen Minuten eintreten zu lassen. Die Folgen der Ermüdung sind von den meisten Autoren anerkannt worden, aber

es ist dennoch gewöhnlich viel zu oft hintereinander reagiert worden und wir können nur davon abrathen, die Zahl von 10 Versuchen zu überschreiten.

So ergiebt sich denn aus dem Angeführten, dass sich die Versuche alle 10 Sec. folgen sollen, dass das Signal dem Reiz 2 Sec. voranzugehen hat und dass nach 10 Versuchen, von denen die drei ersten unberücksichtigt bleiben, eine Pause von einigen Minuten eintreten soll. Was schliesslich die Reizstärke betrifft, so ist dieselbe individuell verschieden zu wählen, doch soll der elektrische Schlag möglichst stark sein, d. h. so stark wie möglich, ohne dem Reagierenden schmerzhaft oder sehr unangenehm zu werden.

Wir geben nun zum Schluss eine typische Versuchsserie, wie wir sie an uns selbst und andern Versuchspersonen nach kurzer Uebung erlangt haben und betonen noch einmal, dass es nicht die absolute Länge, sondern die Constanz der Zahlen ist, was wir angestrebt haben.

I.	*II.*
9	11
12	8
9	9
10	9
10	8
10	9
9	9
9	9
9	8
10	9
Im Mittel: 9,6 Hundertstel Sec.	8,7 Hundertstel Sec.

In diesen beiden mitgeteilten Fällen beträgt die grösste Abweichung vom Mittel das eine Mal bei I. 0,006 Sec., das

andere Mal bei II. 0,007 Sec. Grössere Abweichungen haben wir in dieser Beziehung fast nie gefunden.

Wir würden also zur Erlangung möglichst constanter Reactionszeiten folgende Versuchsbedingungen aufzustellen haben :

1) Starke elektrische Reize an einer Fingerspitze der Hand, mit welcher man reagiert.

2) Reaction durch Fortziehen des betreffenden Fingers.

3) Akustisches nicht nachtönendes Signal 2 -3 Secunden vor der Application des Reizes.

4) Die einzelnen Versuche folgen sich in Abständen von 10 Secunden und nach 10 Versuchen tritt eine Pause von mehreren Minuten ein,

5) Dem Reagierenden wird zum Zweck der Einübung unmittelbar nach jeder Reaction die dazu erforderlich gewesene Zeit mitgeteilt.

6) Bei der Berechnung der Mittelwerte der einzelnen Versuchsserien bleiben die ersten 3 oder 4 Reactionen — bei allen Serien jedoch stets dieselbe Anzahl — unberücksichtigt.

Zum Schlusse bleibt mir noch die angenehme Pflicht meinem hochverehrten Lehrer Herrn Prof. Rich. Ewald für die Anregung zu dieser Arbeit und für seine freundliche Unterstützung meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Elsäss. Druck. vorm. G. Fischbach, Strassburg. — 1882.

Fig. 1.

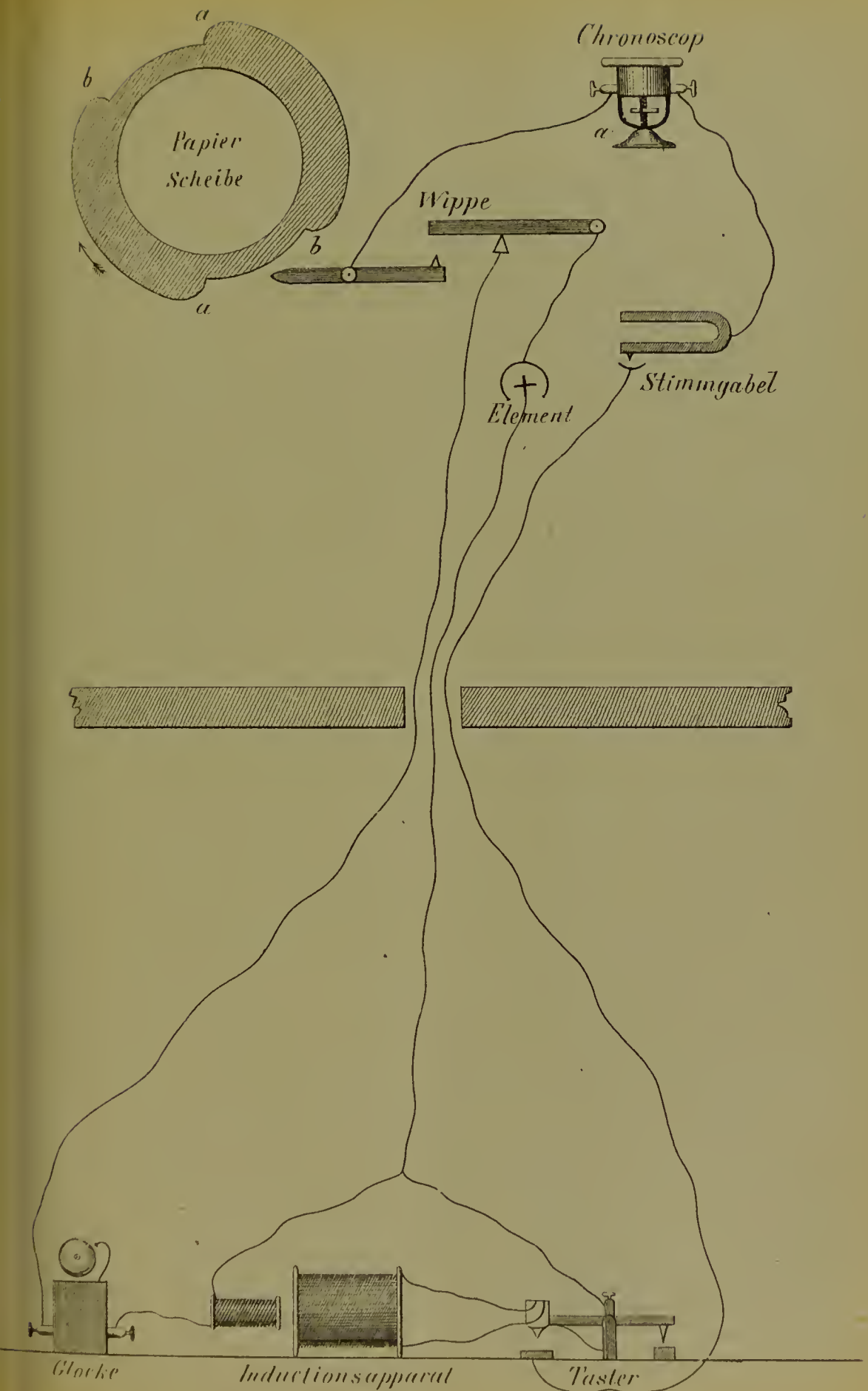

a
b
Papier
Scheibe
b
a
Chronoscop
a
Wippe
Element
Stimmgabel
Glocke
Inductionsapparat
Taster

Fig. 2.

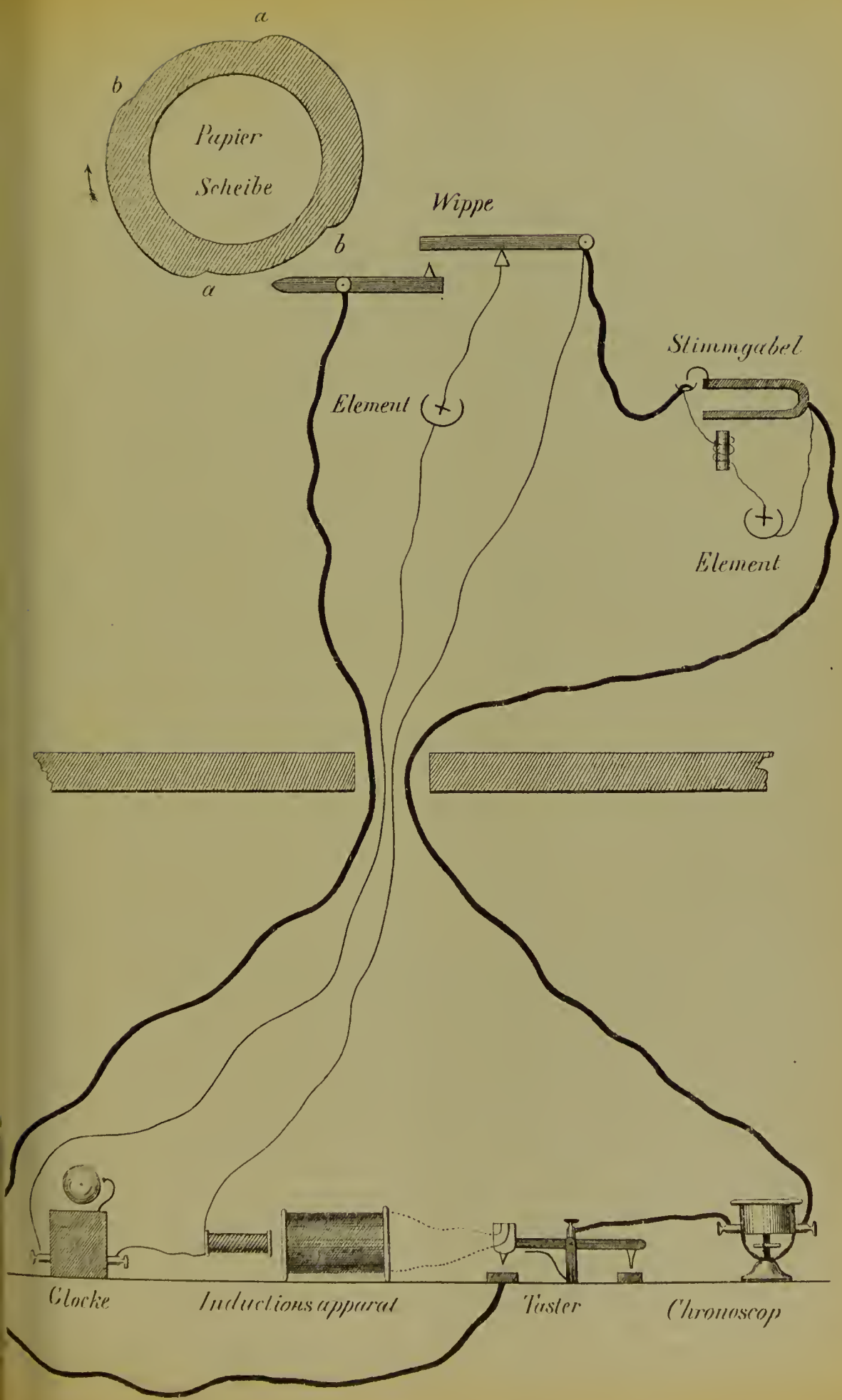

a
b
Papier
Scheibe
b
a
Wippe
Stimmgabel
Element
Element
Clocke
Inductionsapparat
Taster
Chronoscop

Fig. 3.

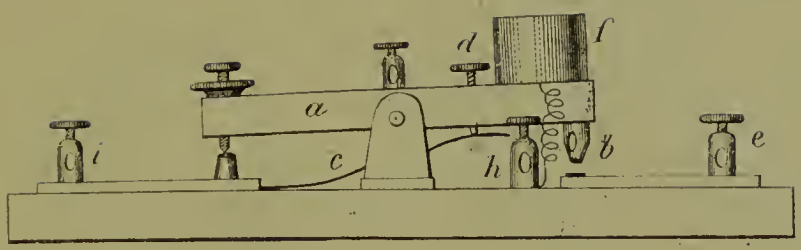


Fig. 4.

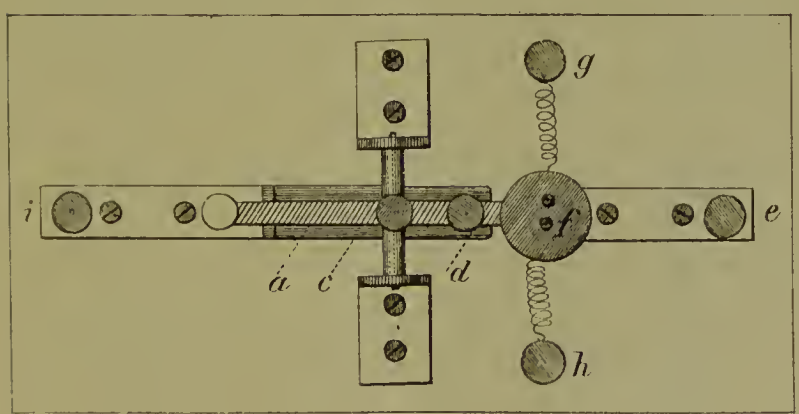
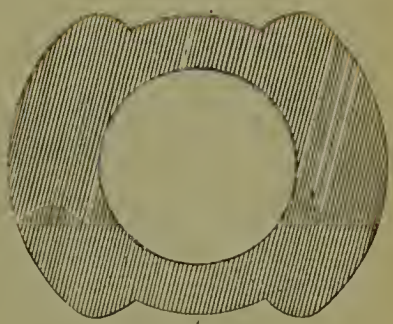


Fig. 6.



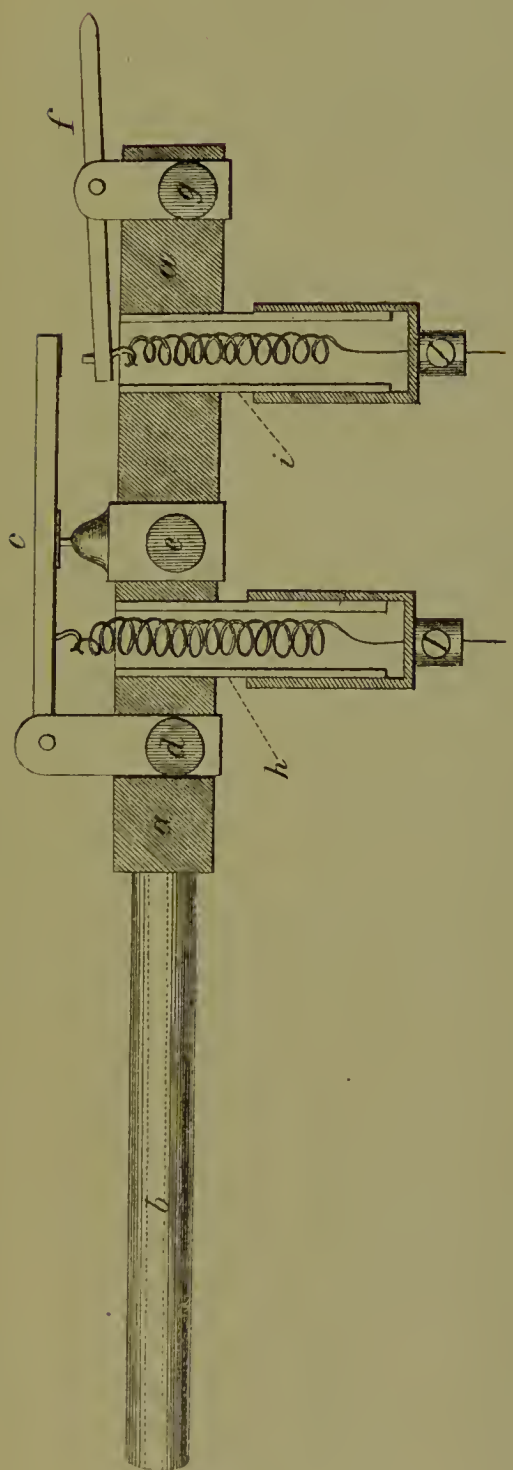
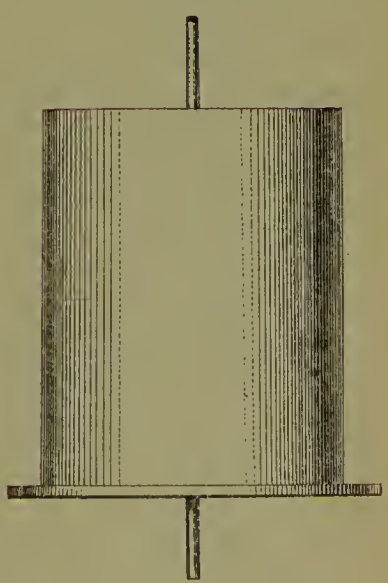



Fig. 7.